

21 世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书

遥感数字图像处理

汤国安 张友顺 刘咏梅
谢元礼 杨 昕 刘爱利 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据遥感教学经验、科研成果及国内外数字遥感图像处理技术的最新发展编著而成。全书共分 8 章,讲述了遥感数字图像处理的数学基础,遥感数字图像的几何校正、辐射校正、增强处理的基本原理、方法、作业流程,并介绍了遥感数字图像的计算机分类、分析的技术方法,以及当前流行的遥感数字图像处理软件的基本功能。

本书是地理学科 GIS 专业和遥感专业本科生的教材,也可供相关专业的大专院校师生和科研技术人员参考、阅读。

图书在版编目(CIP)数据

遥感数字图像处理/汤国安等编著.—北京:科学出版社,2004

(21 世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书)

ISBN 7-03-012631-9

I. 遥… II. 汤… III. 遥感图像-数字图像处理-高等学校-教材
IV. TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 120921 号

策划编辑:杨 红/文案编辑:姚 晖 彭 斌/ 责任校对:宋玲玲
责任印制:钱玉芬/封面设计: 陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 3 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005 年 1 月第二次印刷 印张:18 1/4

印数:4 001—7 000 字数:336 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科环伟印〉)

《地理信息系统教学丛书》编委会

顾	问	陈述彭	王家耀	孙九林	李小文	李德仁
		承继成	高俊	童庆禧	廖克	
主	编	闫国年				
副	主	王桥	汤国安	盛业华	黄家柱	
委	员	(按姓氏笔画排序)				

王桥	王卫国	王建平	王庆	王铁成
文斌	韦玉春	石富兰	兰小机	龙毅
孙在宏	孙毅中	刘剋	刘二年	刘晓艳
刘基余	毕硕本	乔延春	任建武	汤国安
张宏	张之沧	张书亮	张亦含	张海涛
陈洋	陈昕	陈踊	陈锁忠	李云梅
李硕	李斌	李秀梅	李旭文	李安波
宋亚超	严荣华	杨旭	杨一鹏	杨建军
何建邦	吴长彬	吴平生	沈陈华	苏乐平
周卫	周晟	林琿	林振山	郑在洲
闫国年	钟金宁	唐卫	陶陶	徐敏
徐秀华	袁丁	盛业华	常本春	黄家柱
龚敏霞	温永宁	蒋海琴	缪瀚深	潘莹

序

南京师范大学地理科学学院发起并组织编著地理信息系统专业系列教材,奋斗三载,先后问世,这是我国第一套全面阐述地理信息系统理论、方法、技术和应用的教科书。对于地理学科的现代化,信息科学新型人才的培训,对于落实科教兴国战略,深化教学改革来说,都是值得庆贺的。

据中国科学院地学部调查(2002),全国综合性大学共有 150 个地理学科机构,在地学领域中居首位,而地理信息系统专业脱颖而出,发展最快。世纪之初,已设置专业的学校有 70 多个,仅江苏省内就有 12 个。这是经济发展、社会进步的客观需求。面对全社会数字化的浪潮,“数字地球”、数字化城市、省区与流域,百舸争流。地理信息系统作为人口、资源与环境问题的公共平台;作为国家推动信息化,实现现代化的重要组成部分,正在与电子政务、电子商务信息系统相融合,愈来愈显示它跨行业、多功能的优势,不断开拓新的应用领域。一些涉及地理分布现象的数据采集、时空分析,涉及城市或区域规划、管理与决策的过程,都喜欢用上地理信息系统这种新的技术手段,来提高办公自动化的水平,提高企业科学管理的效率和透明度,加强面对国际市场的开放力度和竞争能力。近 20 年来,全国范围从事地理信息系统的事业、企业单位,迅猛增长,已超过 400 个,而且方兴未艾,与时俱进。

中国科学院地学部地学教育研究组在咨询报告(2002)中指出:“随着社会和科技的发展,地学的内涵、性质和社会功能也在变化。这在最近 20 年中尤为明显:遥感、信息技术和各种实时观测、分析技术的发展,使地球科学进入了覆盖全球、穿越圈层,即地球系统科学的新阶段,从局部现象的描述,推进到行星范围的推理探索,获得了全球性和系统性的信息。”这就是说,从学科的本质及其自身发展的规律来看,地理信息系统不仅仅是技术,而且是科学,是发展地球系统科学不可缺少的部分。

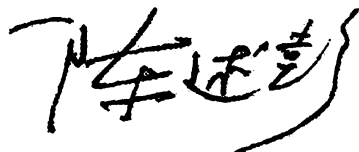
地理信息系统其所以一枝独秀,并非偶然!主要是由于它本身具备着多样化的社会功能。社会信息化的主要内容包括三个方面:一是信息基础设施的建设,地理信息系统正是地图测绘的数字化产品,同时又是兼收并容遥感、定位系统的缓冲区,起着调节网络信息流的作用。二是产业结构调整,地理信息系统起着润滑剂的作用,以信息流调控物流、能流和人流,以信息化促进现代化。三是信息服务,地理信息系统是电子政务、电子商务信息系统不可分割

的组成部分。在航天事业、电信网络和电脑技术日新月异的新世纪,地理信息系统如虎添翼,广泛地渗透到各行各业之中,提供无微不至的信息服务。

地理信息系统教材的编著,前人多以综论形式出版。例如,英文教材先后有 Taylor D. R. (1991), Autenucci J. C. et al. (1991), M. D. I. Goodchild (1991), Fisher M. M. (1993), Murai Shuji (1996), D. Rhind (2000); 中文教材先后有黄杏元、汤勤 (1989), 边馥苓 (1996), 陈述彭、鲁学军、周成虎 (1999), 龚健雅 (1999), 邬伦 (1999), 闫国年、吴平生、周晓波 (1999), 李德仁、关泽群 (2000), 马蔼乃 (2000), 王家耀 (2001) 等。这些教材对地理信息系统的科学与哲学性质, 及其与邻近学科的相互关系, 均有精辟论述。地理信息系统应用专论方面, 城市: 曹桂发等 (1991), 宋小冬、叶嘉安 (1995), 宫鹏 (1996), 陈述彭 (1999), 张新长等 (2001); 林业: 李芝喜、孙俊平 (2000); 农业: 王人潮 (1999)。这些专著密切结合相关行业和中国特色, 有所发挥。现在, 闫国年教授等主持编著的地理信息系统专业系列教材, 是在前人的工作基础上, 博采众家之所长, 继往开来, 推陈出新, 拓展为系列教材。基础是扎实的, 时机是成熟的。

这套系列教材的编写, 紧密结合地理信息系统专业的课程设置。在理论方面, 又推出了一部新作, 从哲学的高度来探讨地理信息系统中的虚拟时空。系列教材的重点侧重于方法、技术。总结了数据集成、知识发现的最新进展; 率先推出数据共享、虚拟环境与网络三部分, 反映地理信息系统的生长点。在应用方面, 主要是结合作者们近年参与建设项目的实践, 加以总结和提高, 是来自生产第一线的“新知”。目前已涉及到土地与水资源管理、城市规划、环境保护以及设备设施管理与房产管理等等, 今后随着应用领域的拓展, 还会有旅游、物流等地理信息系统教材相继问世。

同学们可以根据课程设置计划, 循序渐进, 在理论方面广泛涉猎, 解放思想, 开阔眼界。在方法、技术方面, 配合辅导教材和实习大纲, 刻苦钻研, 掌握关键技术, 学以致用。在应用方面结合个人志趣、专长与就业需求, 选修其中一、二门, 理清不同行业的应用特点, 举一反三。系列教材是面向整个专业的, 并不要求每位同学都把全部教材囫圇吞咽下去, 食而不化。编写系列教材, 正是为同学们提供了更加宽阔的学习园地, 更加宽松的学习环境。祝福同学们健康成长, 时刻准备着, 与时俱进, 开拓创新, 为祖国信息化和现代化多做贡献。



中国科学院院士

2003 新年

前 言

遥感是 20 世纪末发展起来的新兴学科,遥感技术的发展,揭开了人类从外层空间观测地球、探索宇宙空间的序幕,为我们认识国土、开发资源、研究环境、分析全球变化找到了新的途径。遥感数字图像处理是计算机数字图像处理技术与遥感图像分析技术结合而形成的一门新兴技术科学。遥感数字图像处理技术的出现,从根本上改变了传统遥感图像的处理方式与识别方式,为遥感技术系统的完善,实现对地物高效、快速识别以及多源信息的数字化融合处理创造了良好的条件。

目前,地理信息系统专业成为我国高等院校中发展最快的专业之一,作为该专业学生必学的基础课程,《遥感数字图像处理》一书的编撰,广泛地吸取了近年来最新的科研成果,吸取了国内外现有教材的优点,力求在教学内容的选择、编排、表达等方面有新的突破,便于学生有效地掌握遥感数字图像处理的基本理论、基本方法与基本技能,同时,也为与其他相关课程学习的衔接创造了条件。

全书共分 8 章,第一章叙述遥感数字图像处理的基本概念与学科发展的状况;第二章介绍与遥感数字图像处理有关的数学基础;第三章讲解遥感数字图像几何处理方法;第四章阐述遥感数字图像的辐射纠正;第五章、第六章分别讲述遥感数字图像的增强处理与自动分类;第七章探讨了遥感数字图像的一般分析方法、地形分析方法与空间建模方法;第八章对几个常用的遥感数字图像软件作了概要介绍。

本书的编撰,得到国内外诸多专家与同行的帮助与支持;张茜、宋佳、房亮、陈盼盼等研究生也参与了本书的部分编写工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平和时间所限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

汤国安

2004 年元月

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
1.1 遥感数字图像	1
1.1.1 图像与遥感数字图像的概念	1
1.1.2 遥感图像的获取	3
1.1.3 遥感图像的数字化	4
1.1.4 遥感数字图像的基本特点与类型	5
1.1.5 多波段遥感数字图像的数据格式	7
1.2 遥感数字图像处理的基本概念	9
1.2.1 遥感数字图像处理	9
1.2.2 遥感数字图像处理的内容	9
1.2.3 遥感数字图像处理的特点	11
1.2.4 遥感数字图像处理的应用	12
1.3 遥感数字图像处理系统	13
1.3.1 遥感数字图像处理的硬件系统	13
1.3.2 遥感数字图像处理的软件系统	15
1.3.3 几种遥感数字图像处理系统介绍	15
1.4 遥感数字图像处理的发展及与其他学科的关系	17
1.4.1 遥感数字图像处理技术的发展	17
1.4.2 遥感数字图像处理与其他学科的关系	18
第二章 遥感数字图像处理的数学基础	21
2.1 向量与矩阵	21
2.1.1 n 维向量	21
2.1.2 向量的线性相关性	23
2.1.3 矩阵的概念	25
2.1.4 矩阵的运算	26
2.1.5 矩阵的求逆	29
2.1.6 特征值和特征向量	31
2.1.7 矩阵的迹与直积	32

2.2 随机变量及其分布	32
2.2.1 随机变量	32
2.2.2 数学期望	35
2.2.3 方差	36
2.2.4 协方差和相关系数	37
2.2.5 协方差矩阵	38
2.3 常用函数的介绍	39
2.3.1 矩形函数	40
2.3.2 阶跃函数	40
2.3.3 三角函数	41
2.3.4 δ 函数	41
2.3.5 梳状函数	42
2.3.6 高斯函数	42
2.3.7 sinc 函数	43
2.4 傅里叶变换	43
2.4.1 傅里叶级数	44
2.4.2 傅里叶积分	45
2.4.3 傅里叶变换	47
2.4.4 傅里叶变换的基本性质	50
2.4.5 离散函数的傅里叶变换(DFT)	51
2.4.6 快速傅里叶变换(FFT)	51
2.5 卷积与相关函数	52
2.5.1 一维卷积的定义	52
2.5.2 一维卷积的运算	53
2.5.3 一维卷积的性质	55
2.5.4 卷积定理	56
2.5.5 二维卷积	57
2.5.6 相关函数	57
第三章 遥感数字图像的几何处理	60
3.1 遥感数字图像几何处理概述	60
3.1.1 遥感图像的几何变形误差的影响因素	60
3.1.2 遥感数字影像几何纠正的一般过程	66
3.2 中心投影构像的几何纠正	71
3.2.1 中心投影构像原理	71
3.2.2 空间直角变换	73

3.2.3 中心投影构像方程	76
3.2.4 中心投影的数字正射纠正	77
3.3 多中心投影数字图像几何纠正	81
3.3.1 CCD 直线阵列推扫式传感器的构像方程	81
3.3.2 全景摄影机的构像原理与构像方程	83
3.3.3 红外和多光谱扫描仪的构像原理与构像方程	86
3.3.4 多中心投影构像的几何纠正	88
3.4 侧视雷达图像的几何纠正	96
3.4.1 侧视雷达图像的几何特点	96
3.4.2 合成孔径侧视雷达(SAR)的构像方程	97
3.4.3 合成孔径侧视雷达图像的几何处理	100
第四章 遥感图像的辐射校正	104
4.1 辐射校正概述	104
4.1.1 辐射校正的含义	104
4.1.2 辐射传输方程	104
4.1.3 辐射误差产生的原因	104
4.1.4 辐射校正的目的	107
4.2 辐射误差校正的原理与方法	107
4.2.1 因传感器的灵敏度特性引起的辐射误差校正	107
4.2.2 因大气影响引起的辐射误差校正	109
4.2.3 因太阳辐射引起的辐射误差校正	113
4.2.4 其他辐射误差校正	115
4.3 合成孔径侧视雷达(SAR)数据的辐射校正处理技术	117
4.3.1 SAR 辐射校正的含义与辐射误差源	117
4.3.2 SAR 辐射误差校正方法	118
4.4 遥感卫星辐射校正场概述	119
4.4.1 辐射校正场的国外发展概况	119
4.4.2 建立辐射校正场的目的	120
4.4.3 传感器辐射校正的基本原理与方法	121
4.4.4 我国的辐射校正场	122
第五章 遥感数字图像增强处理	124
5.1 辐射增强	125
5.1.1 直方图	125
5.1.2 线性变换	128
5.1.3 非线性变换	129

5.1.4 其他非线性变换	130
5.2 空间增强	137
5.2.1 邻域处理	137
5.2.2 卷积运算	138
5.2.3 平滑	139
5.2.4 锐化	142
5.3 频率域增强	148
5.3.1 快速傅里叶变换	148
5.3.2 频率域平滑	149
5.3.3 频率域锐化	151
5.3.4 同态滤波	153
5.4 彩色增强	154
5.4.1 伪彩色增强	154
5.4.2 假彩色增强	155
5.4.3 彩色变换	156
5.5 图像运算	158
5.5.1 加法运算	158
5.5.2 差值运算	158
5.5.3 比值运算	159
5.5.4 植被指数	160
5.5.5 图像复合	162
5.6 多光谱增强	163
5.6.1 多光谱空间	163
5.6.2 K-L 变换	164
5.6.3 K-T 变换	167
第六章 遥感图像的计算机分类	170
6.1 遥感图像的计算机分类的一般原理	170
6.1.1 概述	170
6.1.2 计算机分类的基本原理	173
6.1.3 计算机分类处理的一般过程	174
6.2 判别函数	176
6.2.1 距离判别函数	176
6.2.2 最大似然法判别函数	178
6.3 非监督分类	181
6.3.1 初始类别参数的选定	182

6.3.2	ISODATA 法	185
6.3.3	K-Mean 算法	187
6.3.4	应用举例	188
6.4	监督分类	189
6.4.1	训练区的选择	189
6.4.2	判别分析分类	190
6.4.3	检验	193
6.4.4	应用实例	195
6.5	光谱特征分类中的辅助处理技术	199
6.5.1	上下文分析方法	199
6.5.2	基于地形信息的计算机分类处理	202
6.5.3	辅以纹理特征的光谱特征分类法	203
6.6	计算机分类新方法	204
6.6.1	神经网络分类器	205
6.6.2	基于小波神经网络遥感图像分类	207
6.6.3	模糊聚类法	210
6.6.4	树分类器	211
6.6.5	专家系统方法的应用	213
6.7	雷达遥感图像分类新方法	214
第七章	遥感数字图像分析方法	219
7.1	一般分析方法	219
7.1.1	邻域分析	219
7.1.2	查找分析	221
7.1.3	指标分析	224
7.1.4	叠加分析	226
7.1.5	归纳分析	227
7.1.6	分类后处理的四种分析	229
7.1.7	总结	235
7.2	地形分析方法	235
7.2.1	坡度分析	235
7.2.2	坡向分析	236
7.2.3	高程分带	238
7.2.4	地形阴影	239
7.2.5	地形校正处理	241
7.2.6	栅格等高线	243

7.2.7 基于 ERDAS 和 ArcView 相同地形分析的对比分析与讨论	244
7.3 空间建模与实践	248
7.3.1 空间建模工具的组成	248
7.3.2 图形模型的基本类型	249
7.3.3 图形模型的形成过程	249
7.3.4 模型生成器	251
7.3.5 模型生成器工具面板	251
7.3.6 空间建模操作过程	252
第八章 遥感数字图像处理软件简介	259
8.1 ERDAS 遥感图像处理软件	259
8.1.1 ERDAS IMAGINE 软件概述	259
8.1.2 ERDAS IMAGINE 的启动和退出	262
8.1.3 ERDAS IMAGINE 系统简介	263
8.1.4 ERDAS IMAGINE 主要功能简介	264
8.2 其他遥感图像处理软件	268
8.2.1 GeoImager 遥感图像处理软件	268
8.2.2 PCI 遥感图像处理软件	270
8.2.3 Imagexuite RS 遥感影像处理软件	271
参考文献	273

第一章 绪 论

遥感作为采集地球数据及其变化信息的重要手段,在世界范围内的许多政府部门、科研单位和公司得到了广泛的应用。但是,遥感学科的技术积累和酝酿却经历了几百年的历史。

1608年,汉斯·李波尔赛制造了世界上第一架望远镜,开辟了远距离观测的先河。1839年,达盖尔第一次成功地把拍摄到的事物形象记录在胶片上。第一次世界大战期间,航空摄影成了军事侦察的重要手段,第二次世界大战期间及其以后,人们对航空遥感的方法及其理论进行了总结,为航空遥感奠定了基础。1957年10月4日,原苏联第一颗人造地球卫星的发射成功,标志着人类从空间观测地球和探索宇宙奥秘进入了一个新的纪元。

目前,遥感平台、传感器、遥感信息的处理、遥感应用都得到了长足的发展,特别是在遥感信息处理的全数字化、可视化、智能化和网络化方面有了很大的变化和创新,但是,仍不能满足广大用户的要求。日益丰富的遥感信息(光谱的、空间结构的)还没有被充分挖掘和处理。遥感信息的处理,特别是遥感数字图像的处理,已成为遥感技术研究的核心问题之一。

1.1 遥感数字图像

1.1.1 图像与遥感数字图像的概念

图像(image)是对客观对象的一种相似性的描述或写真,它包含了被描述或写真对象的信息,是人们最主要的信息源。

从人眼的视觉特点上可将图像分为可见图像和不可见图像。可见图像有图片、照片,用线条画的图和画,用透镜、光栅和全息技术产生的各种光图像。不可见图像包括不可见光成像(如紫外线、红外线、微波成像)和不可见量(如温度、压力、人口密度等)分布图。

根据波段的多少,图像可以分为单波段、多波段和超波段图像。单波段图像在每个点只有一个亮度值;多波段(也称多光谱)图像上每一个点不只一个特性,例如在彩色图像上,每个点具有红、绿、蓝三个亮度值,这三个值表示在不同光波段上的强度,人眼看来就是不同的颜色;超波段图像上每个点具有几十甚至几百个特性,它已超出人眼的分辨能力。

按图像的明暗程度和空间坐标的连续性划分,图像可分为数字图像和模拟图

像。数字图像是指被计算机存储、处理和使用的图像,是一种空间坐标和灰度均不连续的、用离散数学表示的图像,它属于不可见图像。模拟图像(又称光学图像)是指空间坐标和明暗程度都连续变化的、计算机无法直接处理的图像,它属于可见图像。

随着计算机技术的发展,模拟图像与数字图像可以实施转换,把模拟图像变成数字图像称为模/数转换,记作 A/D 转换;把数字图像变成模拟图像称为数/模转换,记作 D/A 转换。

遥感数字图像(digital image)是指以数字形式表述的遥感影像。遥感数字图像最基本的单位是像素。像素是遥感成像过程的采样点,或者是在 A/D 转换中的取样点,它也是计算机图像处理的最小单元。每个像素具有其空间位置特征和属性特征。

像素的空间位置用离散的 X 值和 Y 值表示。一幅遥感图像可以表示为一个矩阵,若 X 方向有 N 个像素(样点), Y 方向有 M 个像素(样点),则成为有 MN 个像素的矩阵函数,可以表示为

$$f(X, Y) = \begin{cases} f(0, 0), f(0, 1), f(0, 2), \dots, f(0, N-1) \\ f(1, 0), f(1, 1), f(1, 2), \dots, f(1, N-1) \\ f(2, 0), f(2, 1), f(2, 2), \dots, f(2, N-1) \\ \vdots \\ f(M-1, 0), f(M-1, 1), f(M-1, 2), \dots, f(M-1, N-1) \end{cases}$$

式中: M 表示行数; N 表示列数。

M 、 N 为正整数,矩阵中的每一个元素代表遥感数字图像的像素,其大小相当于模拟图像分割取样的最小单元 ΔX 、 ΔY 。

遥感数字图像像素的属性特征常用亮度值来表示,在不同图像上(不同波段、不同时期、不同种类的图像),相同地点的亮度值可能是不同的,这是因为地物反射或发射电磁波的不同和受大气电磁辐射影响而造成的。遥感数字图像亮度值的大小是由遥感传感器所探测到的电磁辐射强度决定的。入射到传感器中的电磁波被探测元件转化为电信号(或被卤化银物质的光化学反应记录),经过 A/D 转换,成为绝对辐射亮度值 R 。为了便于应用, R 又被转换为能够表征地物的辐射亮度的相对值 V_0 。两者的关系可表示为

$$R = V \cdot (R_{\max} - R_{\min}) / D_{\max} + R_{\min} \quad (1.1)$$

式中: R_{\max} 为探测器可检测到的最大辐射亮度值; R_{\min} 为探测器可检测到的最小辐射亮度值; D_{\max} 为级数; R 为辐射亮度值,单位 $\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr})$; V 为像素表征的地物辐射亮度的相对值。

1.1.2 遥感图像的获取

目前遥感数字图像的获取,根据遥感传感器基本构造和成像原理不同,大致可以分为摄影成像、扫描成像和雷达成像三类。

1. 摄影成像

摄影成像是根据卤化银物质在光照下会发生分解这一机制,将卤化银物质均匀地涂布在片基上,制成感光胶片。摄影时,通过镜头将地面物质反射或发射的电磁波聚焦成像在感光胶片上,俗称曝光。曝光后的感光胶片形成潜像,经摄影处理(显影、定影)后显示出影像来。观察一幅黑白摄影图像,其黑白程度是由摄影处理过程中金属银聚集密度大小决定的。密度越大,影像越黑;密度越小,影像越白。黑和白的变化与地物反射或发射电磁波强弱有密切关系,而且其变化是逐渐过渡的。这种图像是典型的遥感模拟图像。

2. 扫描成像

扫描成像是扫描类遥感传感器逐点逐行地以时序方式获取的二维图像。它有两种主要形式:一是对地面地物直接扫描成像,这类仪器有红外扫描仪、多光谱扫描仪、成像光谱仪、自旋和步进式成像仪及多频段频谱仪等;二是瞬间在像面上先形成一条线图像,甚至是一幅二维影像,然后对影像进行扫描成像,这类仪器有线阵列 CCD 扫帚式扫描仪、电视摄像机等。扫描成像的基本原理是,通过探测器将扫描获得的地物电磁波辐射转变成电能,再由处理器对电能信号(视频信号)进行放大、变换、校正、编辑等处理记录在胶片上或记录在磁带(或光盘)上。要把视频信号记录在胶片上,须经电光变换线路来调制一些发光器件,如辉光管、氖灯、阴极射线管、电视显像管等。这时发光器件上的光信号强度与视频信号强度相应,当胶片曝光时,数据被记录下来,形成遥感模拟图像。要把视频信号记录在磁带上或光盘上,需用磁带机或光盘机。如要求记录的信号为数字形式,则必须将视频信号数字化,一般使用模/数变换器,对连续的模拟信号进行采样、量化和编码,变成离散的数字信号,形成记录在磁带(或光盘)上的遥感数字图像。

3. 雷达成像

雷达成像是由发射机向侧面发射一束窄脉冲,地物反射的微波脉冲(又称回波),由无线收集后,被接收机接收。由于地面各点到飞机的距离不同,接收机收到的信号先后不同,并依序记录,而信号的强度与窄脉冲带内各种地物的特性、形状和坡向等有关。接收机接收到的信号经电子处理器的处理,在阴极射线管上形成一条相应窄脉冲带内各种地物反射特征的图像线,记录在胶片上。遥感平台向前

飞行时,不断地向侧面发射一束一束窄脉冲,在阴极射线管上形成一个一个图像线,这时胶片与遥感平台速度同步转动,就得到由回波信号强弱表示的雷达图像。记录在胶片上的图像属于遥感模拟图像。

1.1.3 遥感图像的数字化

通过摄影、扫描和雷达等传感器获得的地面地物信息,记录在胶片上得到的图像,都属于遥感模拟图像。要获得遥感数字图像,必须利用数字化扫描仪或数码相机等设备,把一幅模拟图像送入计算机转换成遥感数字图像,即变成计算机能处理的形式。这一转换过程称作图像的数字化。

如图 1.1 所示,图像数字化的过程就是把一幅遥感模拟图像分割成一个个小区域(像元或像素),并将各小区域灰度用整数表示。

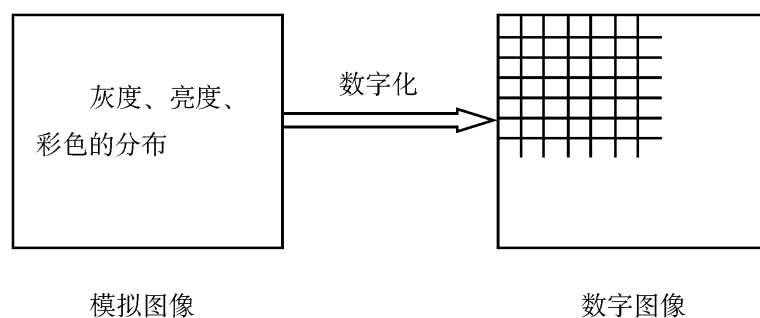


图 1.1 图像数字化

图像数字化包括采样和量化两个过程。

1. 采样

将空间上连续的图像变换成离散点的操作称为采样。采样间隔和采样孔径的大小,关系到图像分辨率的大小,即关系到图像包含何种程度的细微的浓淡变化。一般来说,采样间隔大,所得图像像素数越少,空间分辨率低,图像质量差,严重时出现像素呈块状国际棋盘效应;采样间隔小,图像分辨率高,质量好,但数据量大。例如,在水平方向和垂直方向上分别以 $1/100\text{cm}$ 间距作为采样间隔,其分辨率即为 0.1mm 。

空间采样可以将模拟遥感图像具有的连续灰度(或色彩)信息转换为每行有 N 个像素每列有 M 个像素的遥感数字图像。采样孔径的形状和大小与采样方式有关,采样孔径有圆形、方形等。

2. 量化

遥感模拟图像经离散采样后,可得到由 $M \times N$ 个像素点组合表示的图像,但

其灰度(或彩色)仍是连续的,还不能用计算机处理。它们还要进一步离散并归并到各个区间,分别用有限个整数来表示,这称之为量化。一幅遥感数字图像中不同灰度值的个数称灰度级,用 G 表示。若一幅数字图像的量化灰度级数 $G=2^8$ 级,灰度取值范围一般是 $0\sim 256$ 的整数。由于用 8bit 就能表示灰度图像像素的灰度值,因此,常称 8bit 量化。彩色图像可采用 24bit 量化,分别分给红、绿、蓝三原色 8bit,每个颜色层面数据为 $0\sim 255$ 级。

像素灰度级只有 2^1 级的图像称为二值图像。通常取 0 为白色,1 为黑色。

遥感模拟图像数字化前需要决定影像大小(行数 M 、列数 N)和灰度级的取值。一般在数字图像处理中,使这些量化为 2 的整数幂,即 $M=2^m$, $N=2^n$, $G=2^g$ 。这样存储一幅大小为 $M\times N$,灰度级为 G 的图像,所需的存储空间或称图像的数据量为

$$M\times N\times G \quad (\text{bit}) \quad (1.2)$$

1.1.4 遥感数字图像的基本特点与类型

1. 基本特点

(1)遥感数字图像便于计算机处理与分析。计算机是以二进制方式处理各种数据的,而数字图像的行数 M 、列数 N 和灰度级取值 G 都采用了 2 的整数幂,因此,与光学图像处理方式相比,遥感数字图像是一种适用于计算机处理的图像表示方法。

(2)图像信息损失低。由于遥感图像是用二进制表示的,因此,在获取、传输和分发过程中,不会因长期储存而损失信息,也不会因多次传输和复制而产生图像失真。

(3)图像抽象性强。尽管不同类别的遥感数字图像有不同的视觉效果,对应不同的物理背景,但由于它们都采用了数字形式表示,便于建立分析模型、进行计算机解译和运用遥感图像专家处理系统。

(4)图像保存方便。遥感数字图像一般存储在计算机上,也可用计算机兼用磁带、磁盘、光盘存储。存储形式多样,保存、携带方便。还可利用网络技术发送各地,供有关单位使用。

2. 遥感数字图像的类型

遥感数字图像以二维数组表示。在数组中,每一个元素代表一个像素,像素的坐标位置隐含,由这个元素在数组中的行列位置所决定。元素的值表示传感器探测到像素对应地面面积上目标物的电磁辐射强度。

(1)遥感数字图像按灰度值可分为二值数字图像和多值数字图像两个类型。

二值数字图像:图像中每个像素灰度由 0 或 1 构成,在计算机屏幕上表示为黑白图像。

多值数字图像:图像中每个像素灰度由 0~15 或 0~31 或 0~63...或 0~255 构成。0 表示黑,15 或 31 或 63 等表示白,其他值居中渐变。

(2)遥感数字图像按波段量可分为单波段、彩色或多波段数字图像。

单波段数字图像:是指在某一波段范围内工作的传感器获得的遥感数字图像。例如,spot 卫星提供的 10m 分辨率全色波段图像,每景图像为 6000 行×6000 列的数组,每个像素采用 1 字节记录地物亮度值。数据显示为黑白或某一颜色。

彩色数字图像:是由红、绿、蓝三个数字层构成的图像。在每一个数字层中,每一个像素用 1 字节记录地物的亮度值,数值范围一般介于 0~255。每个数字层的行、列数取决于图像尺寸和数字化过程采用的光学分辨率。三层数据共同显示即为彩色图像。

多波段数字图像:是指利用多波段传感器对同一地区、同一时间获得的不同波段范围的数字图像。例如,陆地卫星提供的 MSS 图像包含有 4 个波段的数据,提供的 TM 图像包含有 7 个波段的数据。又如利用高光谱成像光谱仪,它包含有 200 以上波段的数据。

3. 遥感数字图像的分辨率

在描述遥感数字图像时,存在五种类型的分辨率:光谱分辨率、空间分辨率、亮度(灰度)分辨率、时间分辨率、温度分辨率,它们的含义决然不同。

光谱分辨率:光谱分辨率是指成像的波段范围,分得愈细,波段愈多,光谱分辨率愈高。例如,MSS 多光谱扫描仪的波段数为 5,波段宽度为 100~200nm;而成像光谱仪的波段数可达到几十甚至几百个波段,波段宽度可窄到 5~10nm。一般来说,传感器的波段越多,波段宽度越窄,所包含的信息量就越大,针对性越强。

空间分辨率:遥感数字图像的空间分辨率是指图像像素所代表的相应地面范围的大小,空间分辨率愈高,像素所代表的范围愈小。对扫描图像而言,像素即是扫描仪瞬时视场的大小,例如,陆地卫星 MSS 图像的空间分辨率为 79m, TM 图像空间分辨率为 30m。对于摄影成像的图像来说,地面分辨率 R_g 取决于胶片的分辨率和镜头的分辨率所构成的系统分辨率,可用下式来计算

$$R_g = \frac{R_s f}{H} \quad (1.3)$$

式中: R_g 为地面分辨率,单位线对/m; H 为摄影机距地面高度,单位 m; R_s 为系统分辨率,单位线对/mm; f 为摄影机焦距,单位 mm。

亮度(灰度)分辨率:又称亮度阈值,是指在一个波段中所记录的代表地物反射电磁波强度(表现为亮度或灰度)的数值。例如,在字节长度为 8 的文件中像素亮

度值可以分为256级,代表地物亮度的数值为 0~255 中的某一值。

时间分辨率:指对同一地点进行遥感采样的时间间隔,即采样的时间频率,也称重访周期。以卫星遥感来说,静止气象卫星(地球同步气象卫星)的时间分辨率为 1 次/0.5h;太阳同步气象卫星的时间分辨率为 2 次/d;Landstar 为 1 次/16d。

温度分辨率:指热红外传感器分辨地表热辐射(温度)最小差异的能力,它与探测器的影响律和传感器系统内的噪声有直接关系,一般为等效噪声温度的 2~6 倍。

1.1.5 多波段遥感数字图像的数据格式

多波段遥感数字图像记录格式随计算机技术的发展而有不同程度的变化。例如,陆地卫星 1 号至 3 号 CCD 磁带曾用过 BIP、BSQ 和 BIL 格式,4 号、5 号只用 BSQ 格式,陆地卫星 7 号的图像 CCT 格式又有一定变化。但只要掌握了 CCT 的基本数据格式,局部变化的内容就不难理解。

1. BSQ 数据格式

BSQ(band sequential)是按波段顺序依次排列的数据格式。数据排列遵循以下规律:

第一波段位居第一,第二波段位居第二,第 n 波段位居第 n 位。

在每个波段中,数据依据行号顺序依次排列,每一列内,数据按像素顺序排列。见表 1.1。

表 1.1 BSQ 数据排列表

第一波段	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	...	(1, n)
	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	...	(2, n)
		⋮				
	(m,1)	(m,2)	(m,3)	(m,4)	...	(m, n)
第二波段	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	...	(1, n)
	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	...	(2, n)
		⋮				
第 n 波段	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	...	(1, n)
	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	...	(2, n)
		⋮				
	(m,1)	(m,2)	(m,3)	(m,4)	...	(m, n)

2. BIP 数据格式

BIP(band interleaved by pixel)格式中,每个像元按波段次序交叉排序。数据排序遵循以下规律:

第一波段第一行第一个像素位居第一,第二波段第一行第一个像素位居第二,以此类推,第 n 波段第一行第一个像素位居第 n 位;然后第一波段第二个像素,位居第 $n+1$ 位,第二波段第一行第二个像素位居第 $n+2$ 位;其余数据排列依次类推。见表 1.2。

表 1.2 BIP 数据排列表

	第一波段	第二波段	...	第 n 波段	第一波段	第二波段	...
第一行	(1,1)	(1,1)	...	(1,1)	(1,2)	(1,2)	...
第二行	(2,1)	(2,1)	...	(2,1)	(2,2)	(2,2)	...
	⋮						
第 N 行	(n ,1)	(n ,1)	...	(n ,1)	(n ,2)	(n ,2)	...

3. BIL 数据格式

BIL(band interleaved line)格式是逐行按波段次序排列,数据排列遵循以下规律:

第一波段第一行第一个像素位居第一,第一波段第一行第二个像素位居第二,以此类推,第一波段第一行第 n 个像素位居第 n 位;然后第二波段第一行第一个像素位居第 $n+1$ 位,第二波段第一行第二个像素位居第 $n+2$ 位;其余数据排列位置依次类推。见表 1.3。

表 1.3 BIL 数据排列表

第一波段	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	...	(1, n)
第二波段	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	...	(1, n)
	⋮					
第 n 波段	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	...	(1, n)
第一波段	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	...	(2, n)
第二波段	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	...	(2, n)
	⋮					

以计算机兼容磁带(CCT)或 CD-ROM 提供的遥感数字图像的文件中,除了数字图像本身的数据外,还附带有各种辅助信息,这些信息或数据是进行数据分发、图像处理时的参考或说明。

1.2 遥感数字图像处理的基本概念

1.2.1 遥感数字图像处理

对遥感图像进行一系列的操作,以求达到预期目的的技术称作遥感图像处理。遥感图像处理可分为两类:一是利用光学、照相和电子学的方法对遥感模拟图像(照片、底片)进行处理,简称为光学处理;二是利用计算机对遥感数字图像进行一系列操作,从而获得某种预期结果的技术,称为遥感数字图像处理。

遥感图像光学处理方法已有很长的历史,例如,照相中的复照显影、定影技术早在 100 多年前就已经广泛应用。在激光全息技术出现后,光学处理技术得到了进一步发展,光学图像处理理论也日臻完善,并且处理速度快、方法多、信息量大、分辨率高。但是遥感图像光学处理精度不高、稳定性差、设备笨重、操作不便和工艺水平不高等因素限制了它的发展速度。特别是从 20 世纪 60 年代起,随着电子计算机技术的进步,遥感数字图像的计算机处理得到了飞速发展,替代了绝大部分的遥感图像光学处理的工作。

遥感数字图像处理离不开计算机,因此又称为计算机图像处理。自 20 世纪 70 年代末以来,由于数字技术和微电子技术的迅猛发展,给遥感图像处理提供了先进的技术手段。遥感数字图像处理也就从信息处理、自动控制系统论、计算机科学、数据通信、电视技术等学科中脱颖而出,成为研究遥感图像信息获取、传输、存储、变换、显示、判读与应用的一门崭新学科。

遥感数字图像处理,根据抽象程度不同可分为三个层次:狭义的图像处理、图像分析和图像解译。

狭义的图像处理着重强调在图像之间进行变换。主要是对图像进行了各种操作以改善图像的视觉效果,或校正图像误差,或对图像进行压缩编码,以减少所需存储空间或传输时间。狭义的图像处理是从一个图像到另一个图像的过程。

图像分析主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和量测,从而建立对图像的描述。图像分析是从一个图像到数值或符号表示的过程。

图像解译是进一步研究图像中各目标物的性质、特征和它们之间的相互关系,并得出对图像内容的理解以及对原来地面客观地物、场景的解译,从而为生产、科研提供真实的、全面的客观世界方面的信息。图像理解是借助知识、经验进行遥感图像解译的过程。

1.2.2 遥感数字图像处理的内容

在计算机出现之前,遥感模拟图像处理(借助光学、摄影、印刷技术)占主导地位。随着计算机技术的迅速发展,到目前为止,根据遥感图像处理的目的不同,遥

感数字图像处理大致可分为以下几种。

1. 图像转换

在遥感图像使用过程中,有时既需要把光学图像变成数字图像送到计算机进行处理,有时又需要把计算机处理后的数字图像转变成光学图像,并输出为硬拷贝。我们把这种工作称为图像转换。

由于光学图像又称作模拟图像,因此,把光学图像转换为数字图像称模/数转换,记作 A/D 转换。正如前节所述,模/数转换需利用数字化扫描仪或数码相机等设备来实现。

把数字图像转换成光学图像,称之为数/模转换,记作 D/A 转换。数/模转换须经电光变换线路来调制一些发光器件,如辉光灯、氖灯、阴极射线管、电视显像管等。

图像转换的另一种含义是为使图像处理问题简化或有利于图像特征提取等目的而实施的图像变换工作,如二维傅里叶变换、沃尔什-哈达玛变换、哈尔变换、离散余弦变换和小波变换等。

2. 数字图像校正

遥感数字图像的校正,主要包括辐射校正和几何校正两种。

辐射校正 : 校正因大气的影响和因传感器本身影响而产生的辐射误差称辐射校正。进入传感器的电磁辐射强度反映在遥感数字图像上就是亮度值。辐射强度越大,亮度值越大。该值与地物的反射率或发射率保持一定的对应关系,但因受大气辐射的影响,受传感器本身产生辐射误差的影响,这种对应关系发生了改变,这一改变部分就是需要校正部分。

由仪器本身产生的辐射误差,导致了接收图像不均匀,产生条纹和噪声,一般来说,应该由图像生产单位根据传感器参数进行校正,而不需要用户自己校正。由大气辐射影响产生的辐射误差,一般来说,应由用户根据使用图像的目的、根据具体情况采用适当的方法予以校正。

几何校正 : 当遥感数字图像在几何位置上发生了变化,产生诸如行列不均匀、像元大小与地面大小对应不准确、地物形状不规则变化时,即说明遥感数字图像发生了几何畸变。校正几何畸变的工作称之为几何校正,或称几何纠正。

3. 数字图像增强

采用一系列技术改善图像的视觉效果,提高图像的清晰度、对比度,突出所需信息的工作称之为图像增强。图像增强处理不是以图像保真度为原则,而是设法有选择地突出便于人或机器分析某些感兴趣的信息,抑制一些无用的信息,以提高

图像的使用价值。

到目前为止,遥感数字图像增强还缺乏统一的理论,增强方法的选择只靠人的主观感觉、图像的质量和增强欲达到的目的来确定。较为简单的数字图像增强处理的方法有对比度增强、空间滤波、彩色变换、图像运算和多光谱变换等。

4. 多源信息复合

从广义的遥感数字图像处理角度来看,多源信息复合可列入图像处理范畴。多源信息复合是指将多种遥感平台、多时相遥感数据之间以及遥感数据与非遥感数据之间的信息组合匹配的技术。复合后的遥感图像数据将更有利于综合分析,提高了遥感数据的可应用性,同时也为进一步应用地理信息系统技术打下基础。

多源信息复合,可分为遥感信息复合和遥感与非遥感信息复合。在图像处理中,采用何种形式的信息复合,要根据使用遥感数字图像的目的和工作任务来确定。

5. 遥感数字图像计算机解译处理

从广义的遥感数字图像处理来讲,计算机解译处理也属于图像处理范畴。因为在实施图像计算机解译工作中,要综合运用地学分析、遥感图像处理、地理信息系统、模拟识别与人工智能技术,这些技术的运用都应在计算机系统支持下进行,采取了相应的遥感数字图像的处理方法。显而易见,遥感数字图像的计算机解译成果是图像处理具体应用的结果。

1.2.3 遥感数字图像处理的特点

同遥感图像的光学处理(即模拟图像处理)相比,遥感数字图像的计算机处理有很多优点,主要表现在以下几点:

1. 图像信息损失低,处理的精度高

由于数字遥感图像是用二进制表示的,在图像处理时,其数据存储在计算机数据库中,不会因长期存储而损失信息,也不会因处理而损失原有信息。对计算机来说,不管是对 4bit 还是对 8bit 和其他比特储存的图像,其处理程序几乎是一样的。即使处理图像变大,只需改变数组的参数,处理方法不变。所以从计算机图像处理的原理上讲,不管处理多高精度的遥感数字图像都是可能的。而在模拟处理中,要想保持处理的精度,需要有良好的设备装备,否则将会使信息受到损失或降低精度。

2. 抽象性强,再现性好

不同类型的遥感数字图像有不同的视觉效果,对应不同的物理背景,由于它们都采用数字表示,在遥感图像处理中,便于建立分析模型,运用计算机容易处理的

形式表示。在传送和复制图像时,只在计算机内部进行处理,这样的数据就不会丢失和损坏,保持了完好的再现性。而在模拟图像处理中,就会因为外部条件(温度、照度、人的技术水平和操作水平等)的干扰或仪器设备的缺陷或故障而无法保证图像的再现性。

3. 通用性广,灵活性高

遥感数字图像处理方法,既适用于数字图像,又适用于用数字传感器直接获得的紫外、红外、微波等不可见光成像,而且也可用于模拟图像的处理,只要把模拟图像信号或记录在照片上的图像通过 A/D 变换,输入计算机便可。对于计算机来说,无论何类图像都能用二维数组表示,不管什么图像都可以用同样的方法进行处理,这就是计算机处理的通用性。另外,在遥感数字图像处理时,只要对程序加以自由改变,就可进行各种各样的处理,如上下滚动、漫游、拼贴、合成、放大、缩小、校正、转换、提取、套合和进行各种逻辑运算等。因此可以说数字图像的计算机处理灵活性很高。

1.2.4 遥感数字图像处理的应用

遥感技术作为地球资源探测、环境监测的主要手段已广泛地应用于测绘、土地资源、矿产资源、水利资源、林牧资源和植物病虫害的调查;用于洪水、火灾、地震等自然灾害和环境污染监测;用于海洋温度、鱼群、气象等的预报;用于导航、交通管理、铁路选线和城市规划等方面,并显示了巨大的优越性。

遥感数字图像处理,是遥感技术的主要组成部分,它在遥感技术应用中扮演主要角色,具体表现在如下几个方面。

1. 利用遥感数字图像处理技术获得满足一定精度要求的各种图件

遥感图像在测绘中主要用来测绘地形图,制作正射影像图和各种专题地图。利用传感器获得的各种遥感图像其投影性质为中心投影(如摄影图像)或多中心投影(如扫描图像)或者是电磁波传播时间的纪录(如雷达图像)。这些图像都存在着不同程度的倾斜误差、投影误差、大气折光和地球曲率引起的误差,并且还存在着因遥感平台飞行姿态变化引起的图形畸变。这些误差的存在,往往满足不了制图的精度要求,这就需要采用遥感数字图像处理方法——投影转换和几何校正的方法消除或限制各种误差或畸变,把中心投影的图像变为正射投影的、具有较高精度的、适当比例尺的地图。

2. 利用遥感数字图像处理技术,快速准确地提取所需信息

通常我们把遥感图像称为地面地形地物的反应。但地面地形地物种类繁多,

各种信息相互掩盖,相互交错,而且图像上还存在着因大气、传感器性能不同引起的某些误差(称辐射误差或噪声),极大地影响了所需信息的判读或信息提取。为此,我们必须通过遥感数字图像的处理方法——图像增强或辐射误差校正,突出所需信息(称目标物)与背景的差异,减少辐射误差或噪声,提高图像的清晰度和可判读性,以便快捷、准确判读或提取所需信息,确保判读结果的可靠性和准确性。

3. 利用遥感数字图像处理技术,为图像的计算机解译奠定基础

遥感数字图像的计算机解译是以遥感数字图像为对象,在计算机系统支持下,综合运用地学分析、遥感图像处理技术、地理信息系统、模式识别和人工智能技术,实现地学专题信息的智能化获取。其基本目标是将人工目视解译遥感图像,发展为计算机支持下的遥感图像解译。很显然,要实现这一目标,首先需要数字图像,其次要对数字图像进行计算机分类或遥感图像多种特征抽取,这些工作都要运用到遥感数字图像处理技术。因此,可以说遥感数字图像处理技术是计算机解译的基础。

1.3 遥感数字图像处理系统

一个完整的遥感数字图像处理系统应包括硬件和软件两大部分。硬件是指进行遥感数字图像处理所必须具备的计算机,并配有必要的输入、储存、显示、输出等外围设备。软件是指进行遥感数字图像处理时所编制的各种程序。

1.3.1 遥感数字图像处理的硬件系统

图 1.2 显示了遥感数字图像处理系统的主要部件,它主要由四部分组成:数字化器、大容量存储器、显示器和输出设备及操作台等。

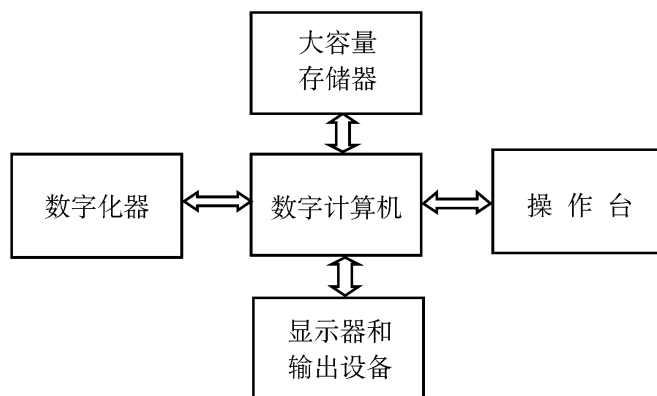


图 1.2 遥感数字图像处理系统的主要部件

1. 数字化器

为采集数字图像,需要两种装置:一种是传感器,它能够将所接收到的电磁辐射能量转变成与能量成正比的(模拟)电信号;另一种就是数字化器,它能将上述(模拟)电信号或模拟图像转换成数字(离散)的形式,输入计算机中。目前数字化器有电荷耦合器件照相机(数码相机)、带有显像管的视频摄像机(数码摄像机)和扫描仪等。

2. 大容量存储器

遥感数字图像的数据往往很大,因而需要大容量存储器。在遥感图像处理和系统分析中,大容量和快速的图像存储器是必不可少的。在计算机中,图像数据最小的度量单位是比特(bit)。存储器的存储量常用字节(1byte = 8bit)、千字节(Kbyte)、兆(10^6)字节(Mbyte)、吉(10^9)字节(Gbyte)、太(10^{12})字节(Tbyte)等表示。存储一幅 1024×1024 的 8bit 图像就需要 1Mbyte 的存储器。

计算机是遥感数字图像处理的核心设备。计算机内存就是一种提供快速存储功能的存储器。目前微型计算机的内存常为 256Mbyte。

另外一种提供快速存储功能的存储器是特制的硬件卡,也叫帧缓存。目前常用的帧缓存容量在几十兆字节到上百兆字节。

比较通用的在线存储器是磁盘、光盘、光盘塔。常用的磁盘已可存储几到几十吉字节的数据;光盘可存吉字节的数据;一个光盘塔可放几十到几百个光盘,使用时可用机械装置插入或从光盘驱动器中抽取光盘。

3. 显示和输出设备

对于遥感数字图像处理来说,图像的显示非常重要。在图像处理过程中,需要将原始的、正在进行中的和处理结果的数字图像变成光学模拟图像显示出来,以便利用视觉去感受、检查、分析图像处理效果,发现处理中存在的问题。常用于图像处理和系统分析的主要显示设备是电视显示器。输入显示器的图像可以通过硬拷贝转换到幻灯片上、照片上或透明胶片上。除了电视显示器外,能随机存取的阴极射线管(CRT)和各种打印设备也可用于图像输出和显示。

电视显示器是人机互交的,它由视频存储器、显示屏幕和人机互交辅助工具,如光笔、操纵杆、跟踪球等组成,这些辅助工具可在显示的图像上操纵游标或框标的位置,指定数据中某些点或某些区域,让系统对它们进行处理。图像数字化操作板设置了许多功能键,如缩放、漫游、注记等,只要点击这些功能键,就可直接改变屏幕上图像显示状态。

打印设备一般用于输出较低分辨率的图像。以往在纸上打印灰度图像的一种

简便方法,是利用标准打印机的重复打印能力。输出图像上任意一点灰度值可由该点打印的字符数量和密度来控制。

随着电子技术的发展,各种热敏、彩色、喷墨绘图仪和激光打印机等输出设备的涌现,输出方式除了显示图像外,还可绘制线画地图、表格,喷绘彩色图像与地图,输出较高分辨率的图像。

4. 操作台

操作台是指安置数字化器、计算机、输出设备及开展图像处理时所需的辅助设备。良好的图像处理环境,无疑对保证图像处理的质量会起到促进作用。

近年来随着各种网络的发展,图像处理的通信传输得到了极大的关注。遥感数字图像可通过网络进行传输,使图像数据资源共享,推动遥感数字图像在各个领域广泛地使用。

1.3.2 遥感数字图像处理的软件系统

遥感数字图像处理软件系统是由许多图像处理控制程序、管理程序和图像处理算法程序组成。前者称为图像处理操作系统软件,后者称为图像处理应用软件。因此,还有图像处理开发软件,FORTRAN 或其他高级语言的程序库等。

遥感数字图像处理软件应具备功能齐全、适用性强、灵活方便之特点,应具有人机对话功能,要面向生产、科研,解决实际问题。因此,遥感数字图像处理软件的功能应包括:①数据的存取和删除;②存储数据量大;③辐射校正与辐射变换;④几何校正或几何变换;⑤图像增强;⑥数据压缩;⑦统计分析和集群分析;⑧监督分类和非监督分类;⑨分类后处理与评价;⑩特征提取;⑪成果输出及其他。

为了面向用户,遥感数字图像处理软件将各种处理的任务列成目录。各种任务还附有使用说明。每个任务中以菜单形式显示处理项目,供操作员选用。每一个处理阶段均以人机对话方式供操作员输入处理参数。这样能最大限度地满足处理者的要求,并且还能进行重复处理。

1.3.3 几种遥感数字图像处理系统介绍

1. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理系统

ERDAS IMAGINE 是美国 ERDAS 公司开发的遥感图像处理系统,它以其先进的图像处理技术,友好、灵活的用户界面和操作方式,面向广阔应用领域的产品模块,服务于不同层次用户的模型开发工具以及高度的 RS/GIS 集成功能,为遥感及相关应用领域的用户提供了内容丰富而功能强大的图像处理工具,代表了遥感图像处理系统未来的发展趋势。

ERDAS IMAGE 其所有产品均可运行于 UNIX 或微软 Windows NT4.0/Win 2000 操作系统上,其模块化与面向对象的功能划分,为广大用户按不同需要不同预算来选择相应的产品提供了最大的可能。核心模块除了本级特有的功能外,高一级还包括了所有低一级模块的所有功能。

ERDAS IMAGE 是以模块化的方式提供给用户的,可使用户根据自己的应用要求、资金情况合理地选择不同功能模块及其不同组合,对系统进行剪裁,充分利用软硬件资源,并最大限度地满足用户的专业应用要求。

2. ENVI 遥感图像处理系统

ENVI(the environment for visualizing images)是一套功能齐全的遥感图像处理系统,是处理、分析并显示多光谱数据、高光谱数据和雷达数据的高级工具。

ENVI 包含齐全的遥感影像处理功能,包括常规处理、几何校正、定标、多光谱分析、高光谱分析、雷达分析、地形地貌分析、矢量应用、神经网络分析、区域分析、GPS 连接、正射影像图生成、三维景观生成、制图、数据输入/输出等,这些功能连同丰富的可供二次开发调用的函数库,组成了图像处理软件中非常全面的系统。

ENVI 对于要处理的图像波段数没有限制,可以处理最先进的卫星格式,如 Landsat7、IKONOS、SPOT、RADARSAT、NASA、NOAA、EROS 和 TERRA,并准备接受未来所有传感器的信息。

ENVI 支持各种操作系统,包括 Windows 98/NT/2000、UNIX、Linux、Macintosh 及 Open VMS。

3. Geomatica 综合遥感影像分析系统

该系统是加拿大 PCI 公司开发的用于图像处理、几何制图、GIS、雷达数据分析以及资源管理和环境监测的多功能软件系统。它拥有相当齐全的功能模块,包括四百多个软件包,组成了一个非常全面的遥感图像处理系统。它的应用领域非常广泛,而且随着图像处理技术的日益成熟和发展,其应用领域还在不断地拓宽。

4. 全数字摄影测量系统

全数字摄影测量系统的任务是利用数字影像完成摄影测量作业。它的主要功能有影像处理、单像量测、多像量测、摄影测量解算、等值线自动绘制、生成数字地面模型(DTM)与正射影像图、机助量测与解译、交互编辑等。

目前,比较著名的全数字摄影测量系统有四维公司的 JX-4、适普公司的 Virtuo-Zo、莱卡公司经销的 Helava 全数字摄影测量系统等。

1.4 遥感数字图像处理的发展及与其他学科的关系

1.4.1 遥感数字图像处理技术的发展

遥感数字图像处理是 20 世纪 70 年代蓬勃发展起来的高新技术。它的发展与遥感技术、计算机技术、地理信息系统技术的发展密不可分,大致经历了如下三个阶段:

1. 发展时期

20 世纪 60~70 年代是遥感技术飞跃发展阶段,美国、原苏联等国相继发射了许多人造地球卫星,开创了航天遥感的历史。之后在传感器研制、信息传输与信息处理等方面都较航空遥感有着巨大变化。卫星上装载的传感器已不单是普通的摄影机,而装载有电视摄像、扫描仪等可直接获得数字图像的传感器;信息传输已不是单纯回收感光胶片的方法,采用无线电传输得到广泛应用;在图像处理方面,除大力完善开发光学、光电、光化处理方法外,计算机数字图像处理成为人们关注、研究、发展的重大课题。

1963 年,加拿大测量学家 R.F.Tomlinson 博士提出把常规地图变成数字形式地图,并存入计算机的想法,可以看成是数字图像的启蒙。

20 世纪 60 年代美国开始制定地球资源遥感计划,探讨从高空收集地面信息的可能性,并对数字信息处理开展了研究与实验。70 年代随着计算机硬件和软件技术的飞速发展,尤其是大容量存取设备——磁盘的使用,为遥感数据的录入、存储、检索和输出提供了强有力的手段,促进了遥感数字图像处理技术的发展。70 年代末期,数据图形的输入装置——数字化仪功能进一步完善,特别是扫描仪的出现为遥感图像的模/数(A/D)转换奠定了基础。这种输入装置,主要用来获取栅格数据。可将用色调或色彩显示的遥感模拟图像转换成栅格数据结构的遥感数字图像数据,再输入计算机,供计算机图像处理时使用。扫描仪的出现,使遥感数字图像处理进入了一个成熟时期。

2. 成熟时期

20 世纪 80 年代是地理信息系统普及和推广应用阶段。这期间,地理信息系统的数据处理能力、空间分析能力、人机交互、图形图像输入、编辑和输出技术均有较大发展。地理信息系统技术的发展、推广和应用,也使遥感数字图像处理技术日趋成熟。在此期间,推出了用于遥感图像处理的存储大、运算速度快的图形工作站、微型 PC 机等。加上计算机网络的建立,使遥感信息的传输效率得到极大提高,遥感数字图像处理软件不断开发与发展,使遥感数字图像处理的方法越来越

多,遥感模拟图像与数字图像的转换精度、速度越来越高,遥感数字图像的计算机解译理论、原理日趋成熟。用遥感数字图像处理方法代替传统的光学、电子光学和光化处理方法也是大势所趋,遥感数字图形处理技术发展,有力地推动遥感技术应用不断向横向纵向深入。

3.应用时期

进入 20 世纪 90 年代以来,随着微机的发展和数字化信息产品在全世界普及,遥感数字图像处理技术已深入到地质、测绘、城市管理、资源调查、环境监测等行业。用这一技术,解决遥感制图问题,解决各种自然、环境信息提取问题,为相关部门进行决策、规划环境治理提供科学的依据。

我国的遥感数字图像处理技术起步于 20 世纪 70 年代。80 年代进入全面实验阶段和借鉴国外先进技术阶段。进入 90 年代后,随着社会主义市场经济的发展,得到了前所未有的发展,开始自主开发研制遥感数字图像处理软件,涌现一批从事地理信息科学和工程研究开发的高科技企业。目前,国家计划部门正在研究制定信息产业发展战略及相关政策;国家科学技术委员会已把遥感技术、地理信息系统技术、全球定位系统技术的综合应用列入高新技术的重点科技攻关项目。相信遥感及其遥感数字图像处理技术,将会在我国得到全面快速的发展,为国民经济建设做出贡献。

1.4.2 遥感数字图像处理与其他学科的关系

遥感数字图像处理是地学、物理学、数学、心理学、电子学相互渗透的产物,是一门新兴的边缘性科学技术。它是建立在现代光电技术、电子计算机技术和信息论以及地学理论基础上的综合性科学技术。图 1.3 表示了遥感数字图像处理技术与其他主要学科技术的关系。

为了更好地学习遥感数字图像处理技术,更好地利用图像处理方法,提取地理信息,识别客观世界,必须具备以下几个方面的基础理论与基本知识。

1.掌握一定的数学知识,尤其是现代计算机技术和数理统计分析方面的知识

在遥感图像处理过程中,无论是遥感平台的运行特征、传感器的性能参数、电磁辐射与物体的相互作用机理,还是遥感资料的传输等都是以一定的数学模型为依据,并运用现代计算技术进行定量计算的。另外,遥感图像的信息提取或自动解译都要采用一定的数理统计分析的方法。所以,要掌握遥感数字图像处理技术,必须充分利用数学基础理论与基本知识。